

UDK: 631.372

UTICAJ SMERA OBRRTANJA ROTACIONE SITNILICE NA PARAMETRE OBRRADE ZEMLJIŠTA

**Dragi Radomirović, Ondrej Ponjičan, Andelko Bajkin,
Miodrag Zoranović**

*Poljoprivredni fakultet - Novi Sad
dragir@polj.ns.ac.yu*

Sadržaj: U radu je analizirana rotaciona sitnilica pri istosmernom i suprotnosmernom obrtanju rotora. Vrh noža pri obradi zemljišta se kretao po trohoidi a rezultati se dobijaju proučavanjem međusobnog položaja dve susedne trohoide. Određena je visina grebena sa dna brazde za zadate parametre. Takođe je definisan način određivanja maksimalne debljine plastice.

Na osnovu vrednosti radne brzine i radne dubine izmerene u eksploatacionim uslovima određene su vrednosti parametra obrade zemljišta korišćenjem programskog paketa "Scientific work place", kao i posebnih programa.

Ključne reči: rotaciona sitnilica, smer obrtanja rotora, visina grebena, plastica.

UVOD

Tehnologije, tehnički sistemi i alati za obradu zemljišta predmet su stalnih istraživanja. Obrada zemljišta je i dalje najsloženija agrotehnička mera od koje zavisi kvalitet pripreme zemljišta i za koju je potrebno i preko 30% od potrebne energije u proizvodnji povrća. Zato se danas čine veliki naponi da se usavrše postojeći i razviju novi alati i sistemi za obradu zemljišta i tako smanji potrebna energija za obradu (Marković i sar., 1995).

Rotacione sitnilice kao samostalne mašine se u manjem obimu koriste zbog relativno velike potrebne energije za njihov rad. Glavni razlog zašto bi u većem obimu trebalo koristiti rotacione sitnilice je visoka efikasnost rada, lako rukovanje, ravna površina zemljišta posle obrade i dobro usitnjavanje zemljišta (Bajkin, 2006). Unapređenjem oblika alata za obradu zemljišta (noževa) moguće je redukovati vučnu silu i potrebnu snagu, a u isto vreme postići dobar kvalitet obrade (Salokhe and Ramalingam, 2003).

Na izvedenim konstrukcijama rotacionih sitnilica najviše se koristi smer obrtanja rotora koji se poklapa sa smerom obrtanja točkova traktora. U poslednje vreme

pojavljaju se proizvođači rotacionih sitnilica sa suprotnosmernim obrtanjem rotora. Zadatak istraživanja ovog rada predstavlja analiza geometrijskih parametara obrade zemljišta.

MATERIJAL I METOD RADA

U radu je analiziran uticaj smera obrtanja rotora rotacione sitnilice na sledeće parametre obrade zemljišta:

- kinematski parametar λ ,
- zahvat noža x_z ,
- visina grebena sa dna brazde h_g i
- maksimalnu debljinu plastice δ_{max} .

U toku ispitivanja mašine za formiranje mini gredica izmerene su vrednosti radne brzine $V_m = 1,06; 1,60$ i $1,91$ km/h (Ponjičan i sar, 2006, Radomirović i sar, 2006b). Osnovni radni alat za obradu zemljišta na mašini za formiranje mini gredica je rotaciona sitnilica sa suprotnosmernim obrtanjem rotora. Prečnik rotora iznosio je $R = 0,225$ m, broj noževa $z = 3$, i ugaona brzina radnog rotora $\omega = 24,08$ s⁻¹, pri dubini obrade $a = 12,2-12,6$ cm. Za navedene izmerene vrednosti izračunati su parametri obrade zemljišta za slučaj istosmernog i suprotnosmernog obrtanja rotora rotacione sitnilice. Za izračunavanje navedenih parametara obrade zemljišta korišćen je programski paket "Scientific work place", kao i posebni programi.

REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Trajektorija vrha noža

Glavni radni organ rotacione sitnilice je vratilo za koje su pričvršćeni noževi. Kinematika rotacione sitnilice je složena ma koji smer rotacije radnog alata da je u pitanju pošto se rotaciono kretanje radnog alata slaže sa translatorsnim kretanjem agregata. Rezultat slaganja ovih kretanja je dobijanje trohoide za trajektoriju vrha noža. Trohoida, slično kao i cikloida, nije pogodna za analizu u eksplicitnom obliku već preko svojih parametarskih jednačina, što svakako čini analizu složenijom.

Parametarske jednačine kretanja putanje vrha noža, trohoide (sl. 1a i 2a), imaju oblik

$$x(t) = V_m \cdot t \pm R \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

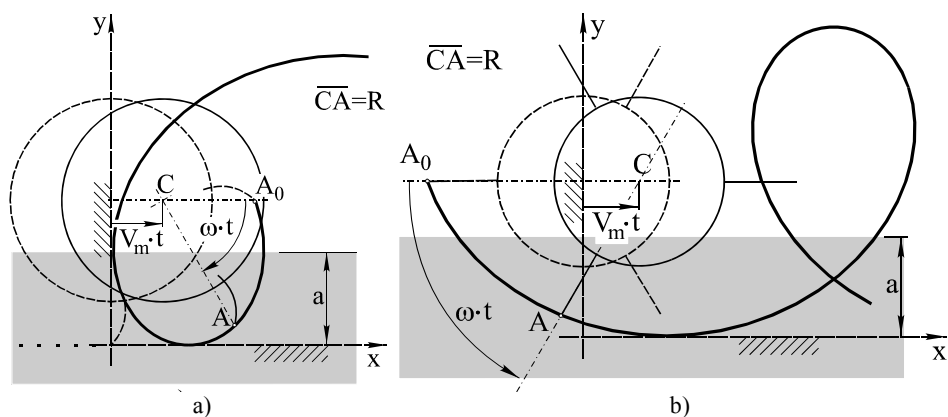
$$y(t) = R - R \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

U parametarskim jednačinama (1), prikazanih koordinatnih sistema (sl. 1), za istosmerno obrtanje rotora koristi se znak "+" a za suprotnosmerno znak "-".

Kinematski pokazatelj rada mašine λ , definisan je preko odnosa (Matjašin et al, 1998):

$$\lambda = \frac{R\omega}{V_m} \quad (3)$$

Za izabrani koordinatni sistem, u početnom trenutku vremena, položaj vrha noža A je tačka A₀ (sl. 1). U proizvoljnom trenutku vremena t radni alat (odnosno, vrh noža) nalazi se u tački A, pri čemu se rotor zakrenuo za ugao ωt . Vreme za koje se radni alat obrne za pun krug (2π radijana) iznosi $T=2\pi/\omega$.



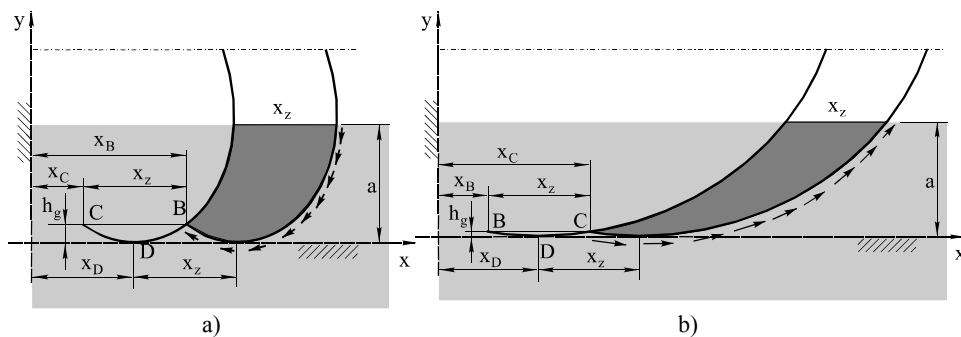
Sl. 1. Trajektorija vrha noža-trohoida:

a) pri istosmernom obrtanju rotora, b) pri suprotnosmernom obrtanju rotora

Pomeranost trohoida dva susedna vrha noža (tj. zahvat noža, slika 2) iznosi:

$$x_z = \frac{V_m \cdot T}{z} = \frac{2\pi V_m}{\omega z} = \frac{2\pi R}{\lambda z} \quad (4)$$

Određivanje visine grebena sa dna brazde

 Rotaciona sitnilica pri obradi zemljišta stvara grebenove na dnu brazde. Visina grebena h_g (sl. 2) određena je parametrima V_m , R i ω , koji definišu trohoidu, i brojem noževa z , koji definiše zahvat noža x_z (odnosno, pomeranost trohoida dva susedna noža).


Sl. 2. Geometrija definisana dvema susednim trohoidama

a) pri istosmernom obrtanju rotora, b) pri suprotnosmernom obrtanju rotora

 Prva trohoida koju opisuje vrh noža ima najnižu tačkom na mestu D. Ista takva trohoida, pomerena u desno za x_z predstavlja trajektoriju vrha sledećeg noža. Koordinata y preseka ovih trohoida (y_B) za istosmerno obrtanje (sl. 2a) i (y_C) za suprotnosmerno obrtanje (sl. 2b) predstavlja visinu grebena h_g :

$$y(t_D) = 0 \Rightarrow \omega t_D = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_D = \frac{\pi}{2\omega} \quad (5)$$

$$h_g = y(t_B) = y(t_C) \quad (6)$$

Na osnovu jednakosti (2), zbog $y(t_B) = y(t_C)$, važi da je: $\sin \omega t_B = \sin \omega t_C$.

Za prvu trohoidu, odgovarajući trenuci vremena kada se vrh noža nalazi u tačkama B, D i C biće označeni sa t_B , t_D i t_C i važe relacije:

$$t_B < t_D < t_C \quad (7)$$

Sa promenom smera obrtanja menjaju se vrednosti visine grebena h_g . Za istosmerno obrtanje rotora iz jednakosti (5), a s obzirom na nejednakost (7), dobija se jednačina (8), a za suprotnosmerno obrtanje rotora dobija se jednačina (9):

$$\omega t_B = \frac{\pi}{2} - \alpha_1 \Rightarrow t_B = \frac{\pi}{2\omega} - \frac{\alpha_1}{\omega} \quad (8)$$

$$\omega t_C = \frac{\pi}{2} + \alpha_2 \Rightarrow t_C = \frac{\pi}{2\omega} + \frac{\alpha_2}{\omega} \quad (9)$$

gde je α_1 novi parametar za istosmerno, a α_2 za suprotnosmerno obrtanje rotora koji treba odrediti.

Parametri α_1 i α_2 izračunavaju se rešenjem transcendentnih jednačina (10) i (11):

$$\lambda \sin \alpha_1 = \frac{\pi}{z} + \alpha_1 \quad (10)$$

$$\lambda \sin \alpha_2 = \frac{\pi}{z} - \alpha_2 \quad (11)$$

Nakon određivanja parametra α_1 (Radomirović i sar, 2005) i α_2 (Radomirović i sar, 2006a), visina grebena pri istosmernom obrtanju rotora izračunava se iz jednačine (12), a visina grebena pri suprotnosmernom obrtanju rotora izračunava se iz jednačine (13):

$$h_g = y(t_B) = R - R \sin \omega t_B = R - R \sin \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) \Rightarrow h_g = R - R \cos \alpha_1 \quad (12)$$

$$h_g = y(t_C) = R - R \sin \left(\frac{\pi}{2} + \alpha_2 \right) \Rightarrow h_g = R - R \cos \alpha_2 \quad (13)$$

Određivanje maksimalne debljine plastice

Za slučaj istosmernog obrtanja (sl. 2a) zatamnjeno je prikazana plastica koja je ograničena trajektorijama dva susedna noža i dubinom obrade a . U praksi vrednosti radnih parametra su takve da je u trenutku ulaska noža u zemljište njegova apsolutna brzina približno vertikalna. U slučaju vertikalne apsolutne brzine pri ulasku noža u zemljište, vrednost maksimalne debljine plastice teorijski se u potpunosti poklapa sa zahvatom noža pošto je tangenta na trohoide takođe vertikalna dok je δ_{max} kao i x_z u horizontalnom pravcu. U tom slučaju, važi jednakost (14):

$$\dot{x}(t_u) = 0, \quad y(t_u) = a \quad (14)$$

Za dati trenutak vremena preko jednačina (1) i (2), kinematski pokazatelj iznosi:

$$\lambda = \frac{R}{R - a} \quad (15)$$

Ukoliko bi parametar λ u većoj meri bio približan vrednosti $R/(R-a)$, utoliko bi zaključak o velikoj približnosti veličina δ_{max} i x_z bio tačniji.

Prikaz rezultata

U eksploatacionim uslovima izmerene su vrednosti za V_m , a , R , z i ω na osnovu kojih su određene vrednosti parametara obrade zemljišta λ , x_z , h_g i δ_{max} za slučaj istosmernog i suprotnosmernog obrtanja rotora rotacione sitnilice (tab. 1).

Tab. 1. Uticaj smera obrtanja rotacione sitnilice na parametre obrade zemljišta

Radna brzina, m/s		0,294	0,444	0,531
Radna dubina, cm		12,2	12,6	12,4
Kinematski pokazatelj, -		18,43	12,20	10,20
Zahvat noža, cm		2,56	3,86	4,62
Istosmerno	Visina grebena, cm	0,041	0,099	0,146
	Maksimalna debljina plastice, cm	2,56	3,86	4,62
Suprotnosmerno	Visina grebena, cm	0,033	0,071	0,098
	Maksimalna debljina plastice, cm	2,18	3,25	3,80

Kinematski pokazatelj λ , i zahvat noža x_z , imaju iste vrednosti pri promeni smera obrtanja rotora. Vrednosti kinematskog pokazatelja bile su visoke i kretale su se u granicama $\lambda = 18,43$ – $10,20$, što je posledica manjih vrednosti radne brzine agregata. Pri radu mašine za formiranje mini gredica, osnovni zadatak bilo je postizanje optimalne veličine strukturnih agregata zemljišta za dati tip i stanje zemljišta. Za zahvat noža ostvarene su vrednosti $x_z = 2,56$ – $4,62$ cm.

Pri istosmernom obrtanju rotora visina grebena iznosi $h_g = 0,041$ – $0,146$ cm, a pri suprotnosmernom obrtanju $h_g = 0,033$ – $0,098$ cm. Povećanjem radne brzine raste visina grebena i povećava se razlika u visini grebena za slučaj istosmernog i suprotnosmernog obrtanja. Za radne režime rotacionih sitnilica visina grebena je i do 4 puta niža pri suprotnosmernom obrtanju rotora (Matjašin et al, 1998).

Vrednosti maksimalne debljine plastice δ_{max} pri istosmernom obrtanju imaju neznatno niže vrednosti od vrednosti zahvata noža. Maksimalna debljina plastice pri suprotnosmernom obrtanju rotora iznosi $\delta_{max} = 2,18$ – $3,80$ cm. Posledica niže vrednosti maksimalne debljine plastice pri suprotnosmernom obrtanju je bolje usitnjavanje krupnijih zemljišnih agregata.

ZAKLJUČAK

U eksploatacionim uslovima pri radu mašine za formiranje mini gredica izmerene su vrednosti: radne brzine, radne dubine, poluprečnika rotora, broja noževa na rotoru i ugaone brzine rotora. Zbog niskih vrednosti radne brzine ostvarene su visoke vrednosti kinematskog pokazatelja i niske vrednosti svih ostalih posmatranim parametara. Kinematski pokazatelj λ , i zahvat noža x_z , imaju iste vrednosti pri promeni smera obrtanja rotora. Povećanjem radne brzine raste visina grebena h_g , a takođe povećava se i razlika između istosmernog i suprotnosmernog obrtanja. Vrednosti maksimalne debljine plastice δ_{max} pri istosmernom obrtanju imaju neznatno niže vrednosti od vrednosti zahvata noža, a kod suprotnosmernog obrtanja te razlike su više izražene.

LITERATURA

- [1] Bajkin A. 2006. Primena rotofreze u savremenoj proizvodnji povrća. Savremeni povrtar, 18, s. 21-21.
- [2] Marković D, Veljić M, Mitrović Z. 1995. Energetska analiza tehničkih sistema u obradi zemljišta. Savremena poljoprivredna tehnika 21(3), s. 121-128.
- [3] Матяшин Ю.И., Гринчук И.М., Егоров Г.М. 1988. Расчет и проектирование ротационных почво-обрабатывающих машин, Агропромиздат, Москва.
- [4] Salokhe M, Ramalingan N. 2003. Effect of rotation diredtion of rotary tiller on draft and power requirements in a Bangkok clay soil. Journal of Terramechanics. 39, p. 195-205.
- [5] Ponjičan O, Bajkin A, Jančić Milena 2006. Eksploatacioni parametri agregata za formiranje mini gredica. Poljoprivredna tehnika, 31(2), s. 79-85.
- [6] Radomirović D, Bajkin A, Zoranović M. 2005. Kinematička analiza rotacione sitnilice. Traktori i pogonske mašine, 10,(4), s. 131-136.
- [7] Radomirović D, Ponjičan O, Bajkin A. 2006a. Geometrijski pokazatelji rada rotacione sitnilice sa suprotnosmernim obrtanjem radnih organa. Savremena poljoprivredna tehnika, 32,(1-2), s. 29-35.
- [8] Radomirović D, Bajkin A, Jančić Milena, Zoranović M. 2006b. Kinematika rada rotacione sitnilice sa suprotnosmernim obrtanjem u realnim uslovima. Traktori i pogonske mašine, 11(5), s. 62-66.

Rad predstavlja deo istraživanja na projektu: "Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje", evidencioni broj 20076, koji finansira Ministarstvo nauke Republike Srbije.

ASCEDANCY DIRECTION OF ROTATION ROTARY TILLER AT PARAMETERS OF SOIL TILLAGE

**Dragi Radomirović, Ondrej Ponjičan, Anđelko Bajkin,
Miodrag Zoranović**

*Faculty of Agriculture - Novi Sad
dragir@polj.ns.ac.yu*

Abstract: In this paper is analyzed a rotary tiller with classical and reverse direction of rotor rotation. The tool tip follows trochoidal trajectory and the results are studied by examining the relationship between two adjacent trochoids. Ridge height is determined from the bottom of the furrow for the given parameters. Also is defined the metod for calculation of the maximum furrow thickness.

Folowing the measured values of working speed and working depth in exploitation conditions determined value of soil tillage parameters using the programs "Scientific work place", and other specifical programs.

Key words: rotary tiller, direction of rotor rotation, ridge height, furrow.